

Autorização concedida a Biblioteca Central da Universidade de Brasília pelo editor da obra Terra: qualidade de vida, mobilidade e segurança nas cidades, a disponibilizar, gratuitamente, para fins acadêmicos e não comerciais (leitura, impressão e/ou download) a partir desta data, o capítulo a seguir especificado:

SANT'ANA, D. Aproveitamento de água pluvial no complexo central de tecnologia do Banco do Brasil. In: SEABRA, Giovanni (org.). **Terra: qualidade de vida, mobilidade e segurança nas cidades**. João Pessoa: Editora Universitária UFPB, 2013. v. 4, p. 701-714.

A obra continua protegida por Direito Autoral e/ou por outras leis aplicáveis. Qualquer uso da obra que não o autorizado sob esta licença ou pela legislação autoral é proibido.

Giovanni Seabra
(organizador)

TERRA

**Qualidade de Vida, Mobilidade
e Segurança nas Cidades**



ISBN 978-85-237-0630-2



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

Reitora

MARGARETH DE FÁTIMA FORMIGA MELO DINIZ

Vice-reitor

EDUARDO RAMALHO RABENHORST

Diretor do Centro de Ciências Exatas e da Natureza

IERECE MARIA DE LUCENA ROSA

Chefe do Departamento de Geociências

ANIERES BARBOSA DA SILVA



EDITORA UNIVERSITÁRIA

Diretor

IZABEL FRANÇA DE LIMA

Vice-diretor

JOSÉ AUGUSTO DOS SANTOS FILHO

Supervisor de Editoração

ALMIR CORREIA DE VASCONCELLOS JUNIOR

Editoração e Capa

CRISTIANE DE MELO NEVES

Giovanni Seabra
(organizador)

TERRA

Qualidade de Vida, Mobilidade
e Segurança nas Cidades

Editora Universitária da UFPB
João Pessoa, Paraíba.
2013

COMISSÃO CIENTÍFICA

Prof. Dr. Giovanni Seabra – UFPB

Prof. Dr. Antônio Carlos Brasil Pinto – UFSC

Prof. Dr. Anderson Português – UFU

Prof. Dr. Khosrow Ghavami – UNICAP – RJ

Prof. Dr. José Mateo Rodriguez – Universidad de Habana

Prof.^ª. Dr.^ª. Aldemir Barboza – UFPE

Prof. Dr. Geraldo Moura – UFRPE

Prof. Dr. Normando Perazzo Barbosa – UFPB

Prof.^ª. Dr.^ª Vanice Selva – UFPE

Prof. Dr. Luis Tomás Domingos – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

Prof. Dr. Edson Vicente da Silva – UFC

Prof. Dr. Jacques Ribemboim – UFRPE

Prof.^ª. Dr.^ª. Edvânia Tôrres Aguiar Gomes – UFPE

Prof.^ª. Dr.^ª. Andrea Pacheco Pacifico – UEPB

Prof. Dr. Fernando Luiz Araújo Sobrinho – UNB

T323	Terra: [livro eletrônico]: Qualidade de Vida, Mobilidade e Segurança nas Cidades / Giovanni Seabra (organizador). – João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 2013. 16.891 kb/pdf.
------	---

V 4
854 pag

ISBN 978-85-237-0630-2

1. Meio Ambiente 2. Biodiversidade. 3. Mudanças Climáticas. 4. Agroecologia. 5. Recursos Hídricos. 6. Degradação Ambiental. I. Seabra, Giovanni.

UFPB/BC

CDU: 504

Nota:

Este livro é resultado do Fórum Internacional do Meio Ambiente - A Conferência da Terra, uma realização da Universidade Federal da Paraíba e GS Consultoria, cujo tema central - Qualidade de Vida, Mobilidade e Segurança nas Cidades, proporcionou amplo debate durante as conferências, palestras e grupos de trabalhos.

As opiniões externadas nesta obra são de responsabilidade exclusiva dos seus autores.

Todos os direitos desta edição reservados à GS Consultoria Ambiental e Planejamento do Turismo Ltda.

E-mail:gs_consultoria@yahoo.com.br

Regeneração de Espécies Arbóreas Nativas para Formação da Reserva Legal	682
Plantas Medicinais da Família Asteracea Utilizadas pela Comunidade Rural de Aratama, Município de Assaré, CE.	690
Aproveitamento de Água Pluvial no Complexo Central de Tecnologia do Banco do Brasil	701
A Biomassa Florestal como Insumo Energético: um perfil do consumo no Bioma Caatinga do Estado da Paraíba	715
Recuperação de Mata Ciliar na Bacia Hidrográfica do Rio Apodi/Mossoró no Perímetro Urbano de Mossoró - RN	725
Diagnóstico Com Vistas à Implantação de Técnicas Conservacionistas no Sítio Lutador, Queimadas - PB	736
Estádios Ontogenéticos e Variações no Crescimento em Diâmetro de uma Espécie Lenhosa em uma Área de Caatinga em Caruaru, Pernambuco	746

14 – Reciclagem e Reaproveitamento dos Produtos Industriais.....756

Minimização e Valorização de Resíduos Gerados por Indústrias Produtoras de Suco de Laranja	757
Ecocampus - Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Cantinas Universitárias Estudo de Caso Puc Minas - <i>Campus</i> Coração Eucarístico	768
A Compostagem dos Resíduos Sólidos Urbanos em Pernambuco: dos aspectos legais à implantação	780
Estudo do Comportamento Plástico e Mecânico do Concreto com Adição de Resíduo de Botão	785
Educação Ambiental: integração entre a comunidade escolar e os comerciantes do mercado público de mangabeira sobre os problemas ambientais causados pelo óleo de cozinha usado	797
Impacto Socioeconômico e Ambiental do Reaproveitamento de Óleo no Município de Areia – PB	805
Utilização de Resíduos Agroindustriais como Substratos na Produção de Mudanças de Girassóis	815
Valoração Econômica dos Resíduos Sólidos Domiciliares no Município de Jaboatão dos Guararapes/PE	827
Potencial do Sertão Central Cearense para a Produção de Energia Elétrica a partir de Biogás Obtido através de Resíduos Sólidos Domiciliares	836
Aspectos Socioeconomicos dos Catadores de Materiais Recicláveis do Lixão do Município de Solânea/PB	843

APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL NO COMPLEXO CENTRAL DE TECNOLOGIA DO BANCO DO BRASIL

Daniel SANT'ANA¹¹¹ (FAU/UnB) - dsantana@unb.br

Resumo

O presente artigo analisa a viabilidade do aproveitamento de água pluvial em um edifício de escritórios do Complexo Central de Tecnologia do Banco do Brasil. Baseado nos resultados de um levantamento *in-loco* dos usos-finais do consumo de água em irrigação, lavagem de pisos, limpeza e descarga sanitária no Edifício Sede IV, foram apontados três sistemas de aproveitamento de água pluvial (AAP) para análise. Custos relativos às instalações da rede coletora de água pluvial (área de coleta) e da construção de cisterna afetam no valor de investimento e nos benefícios gerados por sistemas AAP. Para tanto, verificou-se a relação entre área de coleta *vs.* volume de cisterna para identificar a área de cobertura e o volume ideal de cisterna para investimento. Os resultados são apresentados indicando o potencial de redução do consumo de água e os benefícios gerados para cada sistema AAP proposto.

Palavras-chave: Usos-finais de água, Aproveitamento de água pluvial, Economia de água, Análise custo-benefício

Abstract

This paper examines the feasibility of rainwater harvesting in an office building at the Complexo Central de Tecnologia do Banco do Brasil. Based on the results of an *in-situ* survey on the end-uses of water consumption for irrigation, floor washing, cleaning and toilet flushing at Edifício Sede IV, three rainwater harvesting systems were appointed for analysis. Costs related to rainwater collection network and the construction of rainwater tanks affect the value of investment and benefits generated by rainwater harvesting systems. For this, the relationship between collection area *vs.* tank volume was verified in order to identify the ideal roof area and tank volume for investment. Results are presented, indicating potential water reductions and benefits generated for each of the appointed rainwater harvesting systems.

Keywords: Water end-use, Rainwater harvesting, Water savings, Cost-benefit analysis

¹¹¹ Professor Doutor na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília.

Introdução

O aproveitamento de água pluvial é um conceito simples, que, ao invés de deixar a água da chuva escoar para as sarjetas, ela pode ser captada, filtrada e armazenada para reúso. Apesar de pura, a água da chuva torna-se imprópria para consumo humano ao entrar em contato com uma superfície de coleta. Impurezas como poeira, pólen, folhas, galhos, e fezes de aves, são bastante comuns em coberturas. Para tanto, as águas pluviais podem apresentar bactérias como o *E. coli* e protozoários como *giardia* e *cryptosporidium parvum*, provenientes das fezes de aves (LEGGETT *et al.*, 2001), o que limita o seu reúso em fins não-potáveis nas edificações. Segundo norma ABNT (2007), as águas pluviais podem ser utilizadas em descargas sanitárias, irrigação, limpeza de pisos, lavagem de veículos, espelhos d'água e torres de resfriamento após tratamento adequado.

Uma série de estudos demonstra que a aplicação de sistemas de aproveitamento de água pluvial (AAP) pode reduzir significativamente a demanda por água potável em edificações (DIXON *et al.*, 1999; GHISI, 2006; YANG e ABBASPOUR, 2007). Porém, para avaliar o desempenho de sistemas AAP e verificar sua viabilidade, é fundamental quantificar o consumo de água em seus usos-finais e compreender como essa água está sendo utilizada pelos usuários. Apesar da vasta experiência internacional, a caracterização dos usos-finais do consumo de água em edificações não-residenciais no Brasil ainda está na sua infância e dados generalizáveis ainda não foram produzidos.

Até aonde vai a literatura, a análise dos usos-finais do consumo de água em edificações não-residenciais no Brasil têm se limitado a padarias em São Paulo e Juazeiro (GOMEZ e ALVEZ, 2000), edifícios públicos (KAMMERS e GHISI, 2006) e escritórios (PROENÇA e GHISI, 2010) em Florianópolis. Os estudos voltados à conservação de água em edifícios não-residenciais têm sido limitados à identificação do potencial de redução do consumo de água em instituições de ensino (FASOLA *et al.*, 2011; MARINOSKI e GHISI, 2008; SILVA *et al.*, 2006), hospitais (ILHA *et al.*, 2006) e posto de gasolina (GHISI *et al.*, 2009).

Com essas questões em mente, o presente estudo tem como objetivo estimar os usos-finais não-potáveis em um edifício de escritórios do Complexo Central de Tecnologia do Banco do Brasil e, com isso, avaliar a viabilidade técnica, econômica e ambiental do aproveitamento de águas pluviais no edifício analisado.

Metodologia

Conforme podemos observar na figura 1, o Complexo Central de Tecnologia do Banco do Brasil (CCTBB), situado no Setor Terminal Norte, STN 716, Blocos B e C, Brasília/DF, é constituído por um complexo arquitetônico com área aproximada de 56.000 m², atualmente composto pelo Edifício da Cooperativa (a), conectado por uma grande cobertura em marquise (b) ao

Edifício Sede IV (c), e o Edifício de Instalação Central (d). Por comportar as principais atividades e abrigar uma grande parte da população do CCTBB, o presente estudo teve como foco o Edifício Sede IV para análise.

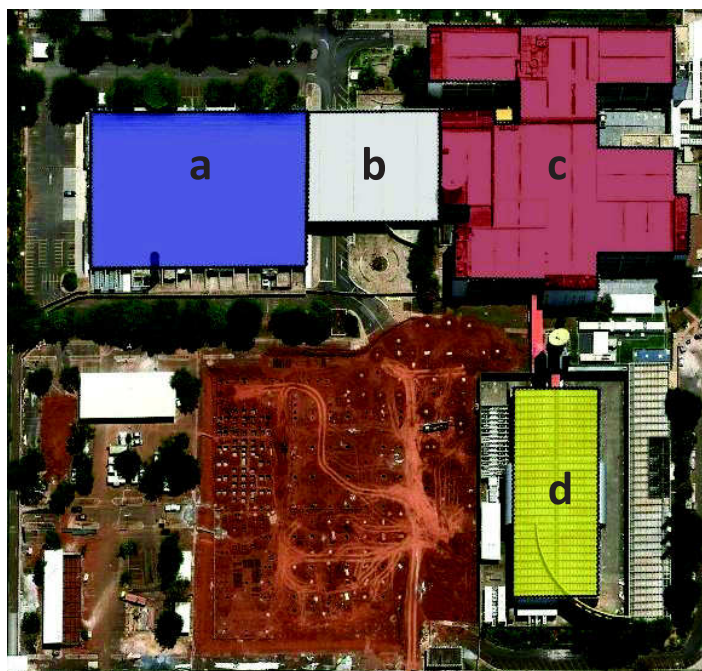


Figura 1 – Complexo Central de Tecnologia do Banco do Brasil

O levantamento de dados primários referentes aos usos-finais de água não-potável ocorreu em três etapas: (i) Pré-auditoria; (ii) Vistoria hidráulica; e (iii) Auditoria do consumo de água. Na primeira etapa, foi estabelecido contato com pessoas-chave para a realização de entrevistas estruturadas para a coleta de dados primários referentes às características de ocupação e uso da edificação, sua população, dias e horários de funcionamento, atividades relacionadas à limpeza e manutenção de jardins. Uma análise documental das contas de água dos últimos 12 meses forneceu dados referentes ao histórico de consumo de água da edificação. Com plantas de arquitetura foi possível extrair informações referentes às áreas de rega de jardim e de lavagem de pisos e, com plantas de instalações hidráulicas, foi possível verificar a configuração da rede existente de água fria e água pluvial.

Na segunda etapa, uma vistoria hidráulica *in-loco* foi realizada para a identificação, especificação e medição da vazão dos equipamentos consumidores de água, e para verificar as condições do sistema hidráulico e detectar eventuais ineficiências hidráulicas. Na terceira etapa, foi realizada uma auditoria do consumo de água para a caracterização dos usos-finais da água. Através de observações *in-loco* das atividades externas, aliado a entrevistas de usuários-chave, foi possível estimar o consumo anual de água em lavagens de pisos, limpeza e irrigação de plantas e jardins do

Edifício Sede IV e seu entorno. Utilizando questionários direcionados aos funcionários do Edifício Sede IV, foi possível estimar a frequência e o consumo de água em descargas sanitárias.

Baseado nos resultados do levantamento dos usos-finais do consumo de água em irrigação, lavagem de pisos, limpeza e descarga sanitária, foram apontados três sistemas AAP para análise, baseados em diferentes tipos de reúso: (i) *Reúso externo* - irrigação e lavagem de pisos; (ii) *Reúso interno e externo* - irrigação, lavagem de pisos e limpeza; (iii) *Reúso interno* - descarga sanitárias.

Para estimar o potencial de redução do consumo de água, foi realizado uma simulação do desempenho de diferentes capacidades de cisterna para cada sistema proposto conforme equações 1 e 2. Para tal, foram aplicados os dados de usos-finais de água não-potável obtidos no levantamento, em conjunto com médias mensais de séries históricas de precipitação da cidade de Brasília (METEOTEST, 1999), para uma cobertura em telha metálica ($C_e = 0,9$), totalizando 6.032m² de área disponível para coleta, considerando um filtro tipo vórtex ($C_f = 0,9$) para tratamento de água pluvial. Custos relativos às instalações da rede coletora de água pluvial (área de coleta) e da construção de cisterna afetam no valor de investimento e nos benefícios gerados por sistemas AAP. Para verificar essa relação, área de coleta vs. volume de cisterna, foi realizada uma série de simulações considerando diferentes volumes de reservatórios e áreas de captação.

$$Q_t = \frac{PP_t \times A \times C_s \times C_f}{1000} \quad (1)$$

Q_t = Oferta de água pluvial no intervalo de tempo, t (m³)

PP_t = Precipitação no intervalo de tempo, t (mm)

A = Área da superfície de coleta (m²)

C_s = Coeficiente de escoamento da superfície de coleta

C_f = Coeficiente de filtragem

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad (2)$$

Sujeito a $0 \leq V_{t-1} \leq C$

Onde:

$$Y_t = \min \left\{ \begin{matrix} D_t \\ V_{t-1} \end{matrix} \right.$$

$$V_t = \min \left\{ \begin{matrix} V_{t-1} + Q_t - Y_t \\ C - Y_t \end{matrix} \right.$$

V_t = Volume de água pluvial armazenada no intervalo de tempo, t
 V_{t-1} = Volume de água pluvial armazenada no intervalo de tempo, t-1
 Q_t = Oferta de água pluvial no intervalo de tempo, t
 D_t = Demanda de água pluvial no intervalo de tempo, t
 Y_t = Coleta de água pluvial no intervalo de tempo, t
 C = Capacidade de armazenagem de água pluvial

Em seguida, uma análise custo-benefício foi realizada para verificar o período de retorno financeiro (*payback*) para cada sistema AAP proposto. O custo capital de investimento considerou os preços relativos ao material, equipamentos e mão-de-obra separados dos custos relativos à cisterna de concreto armado. Os custos dos equipamentos, materiais e mão-de-obra para a instalação de cada sistema AAP proposto, teve um valor estático, ao contrário dos custos relativos à construção da cisterna, que variou conforme a capacidade de armazenagem analisada. Os valores orçados foram estimados baseados em um traçado hidráulico eficaz, com localização de cisterna próxima à rede coletora de águas pluviais existente no Edifício Sede IV. O benefício gerado por cada cisterna foi calculado utilizando o valor referente à tarifa de 11,32 R\$/m³.

Usos-finais de água não-potável

Pelo fato de haver um único hidrômetro para medir o consumo de água de ambos os edifícios Anexo IV e Cooperativa, a população de ambas as edificações, equivalente a 2.800 pessoas, foi considerada para análise do consumo faturado. Em geral, resultados demonstram um consumo per capita equivalente a 48 litros/pessoa/dia, e um consumo predial de 45.262 m³/ano, o que resulta em um gasto anual de R\$46.238,44.

Com o histórico das contas de água foi possível traçar o perfil do consumo mensal ao longo do ano e cruzar esses valores com dados médios de umidade relativa do ar no Distrito Federal (figura 2). Em geral, podemos observar uma relação entre consumo de água e clima, onde, quanto menor a umidade relativa do ar, maior o consumo de água e, na medida em que a umidade relativa do ar aumenta, diminui o consumo de água dos edifícios. Uma explicação para o aumento no consumo de água durante a estação seca pode estar relacionada à demanda de água na irrigação de plantas e jardins do entorno das edificações.

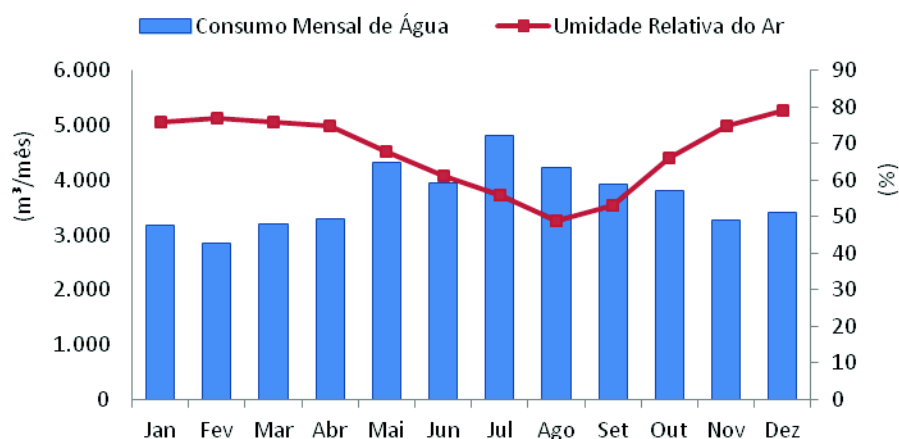


Figura 2 – Perfil do consumo mensal de água e umidade relativa do ar

Os resultados do levantamento demonstram que, em média, são utilizados 1.126 m³/ano de água potável para a limpeza de aproximadamente 7.527 m² de pisos internos e externos do edifício. Desta maneira, podemos concluir que há uma demanda de 0,42 litros/m²/dia para a lavagem dos pisos internos e externos do Edifício Anexo IV. A tabela 1 demonstra a frequência, os equipamentos usados, e o consumo de água para a limpeza das áreas internas e externas do edifício.

Local	Área (m ²)	Frequência de Limpeza	Equipamento Usado	Indicador (litros/m ² /dia)	Demanda (litros/mês)
Piso 1º Pavimento	1.307,66	1 x ao dia	2 Baldes de 8 litros	0,01	320
Piso 2º Pavimento	1.307,66	1 x ao dia	2 Baldes de 8 litros	0,01	320
Banheiros	507,57	2 x ao dia	4 Baldes de 8 litros	6,40	64.969
Hall de Elevadores	227,11	1 x por sem.	5 Baldes de 8 litros	0,48	436
Garagem Sub-Solo	2.335,71	15 em 15 dias	Lavadora de alta pressão	3,33	15.556
Calçadas Externas	725,97	15 em 15 dias	Lavadora de alta pressão	3,33	4.835
Praça de Convivência	630,19	15 em 15 dias	Lavadora de alta pressão	3,33	4.197
Praça de Convivência	485,21	15 em 15 dias	Lavadora de alta pressão	3,33	3.231

Tabela 1 - Resultado do levantamento para estimativa do consumo de água em lavagem de pisos.

Verificou-se também, a demanda de água destinada a irrigação. Em média, são utilizados 52 m³/ano de água potável para a rega de aproximadamente 1.609 m² de área verde e jardins do CCTBB, indicando um consumo de 0,13 litros/m²/dia. A tabela 2 abaixo faz um resumo da frequência, dos equipamentos usados, e o consumo de água em irrigação de jardins e canteiros.

Local	Área (m ²)	Frequência de Rega	Equipamento Usado	Indicador (litros/m ² /dia)	Demanda (litros/mês)
Jardim Convivência	121,54	1 x ao dia*	Mangueira sem esguicho	1,09	2.640
Canteiro I	606,89	2 x por sem.**	Mangueira perfurada	0,24	1.152
Canteiro II	427,92	2 x por sem.**	Mangueira perfurada	0,34	1.152
Canteiro III	452,96	2 x por sem.**	Mangueira perfurada	0,32	1.152

* O ano inteiro, por 20 minutos. ** Apenas em período de estiagem, por 2 horas.

Tabela 2 - Resultado do levantamento para estimativa do consumo de água em irrigação.

Já os resultados da demanda de água em descargas de mictórios e bacias sanitárias apontam que são utilizados aproximadamente 24.840m³ de água potável por ano. Com uma população total de 2.420 funcionários, podemos concluir que há uma demanda de 29 litros/pessoa/dia para descargas sanitárias no Edifício Anexo IV. As válvulas de descarga das bacias sanitárias encontradas nos banheiros eram de acionamento seletivo (3 e 6 litros por descarga), e as descargas dos mictórios dos banheiros masculinos eram do tipo automático, com sensor de presença, tendo em si um volume fixo de 3 litros por descarga após uso. Verificou-se também, que a população feminina consome em média 32 litros/pessoa/dia e a população masculina, uma média de 25 litros/pessoa/dia. A tabela 3 abaixo traz em si um resumo dos resultados.

Tipo de Descarga	Frequência*		Indicador (litros/pessoa/dia)			Demanda (litros/mês)
	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino	Média	
Válvula de descarga de 3L	2,1	3,6	6	11	9	622.266
Válvula de descarga de 6L	1,3	3,5	8	21	14	1.046.767
Mictório de descarga de 3L	3,7	---	11	---	11	798.600

* Número médio de descargas por dia.

Tabela 3 - Resultado do levantamento para estimativa do consumo de água em descargas sanitárias.

Reuso externo

Foi proposto um sistema AAP para reúso externo adaptando às instalações hidráulicas das torneiras de jardim existente no entorno do Edifício Sede IV. Para isso, foi usado uma demanda mensal de 28 m³/mês para a lavagem de pisos e 6 m³/mês para irrigação durante a época de estiagem (abril – setembro). Para identificar o volume ideal da cisterna para o sistema AAP proposto, foi realizada uma série de simulações considerando variados volumes de reservatórios e áreas de captação, com o intuito de identificar o menor volume de reservatório necessário para obter o maior volume de economia de água.

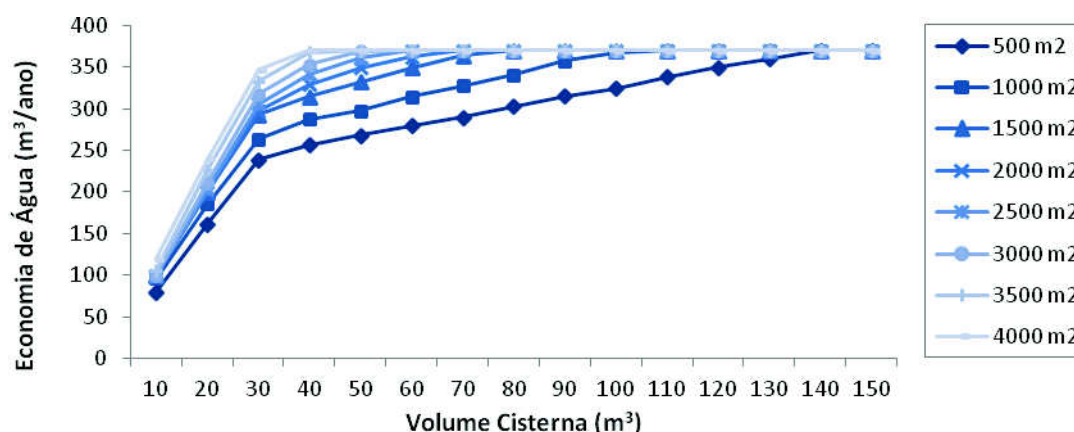


Figura 3 – Economia de água por volume de cisterna e área de captação.

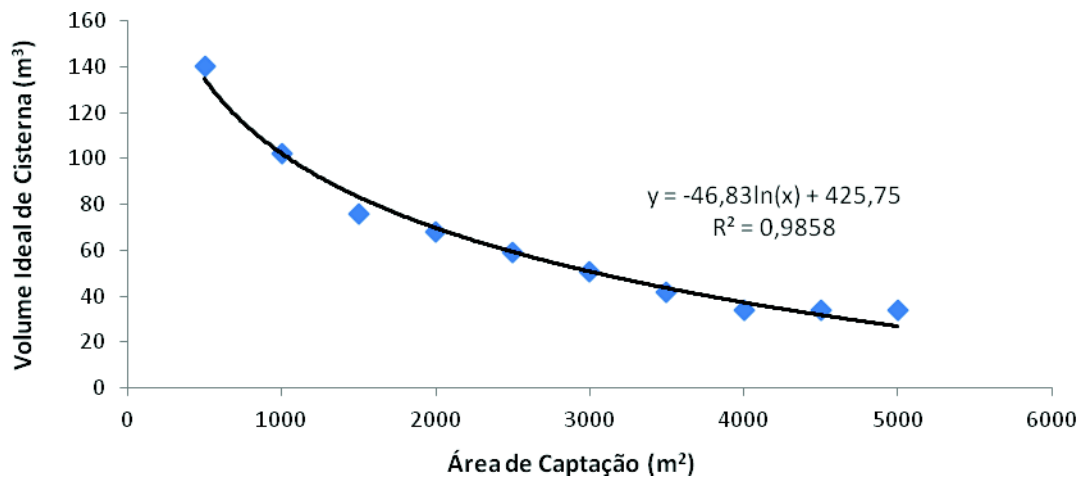


Figura 4 – Volume ideal de cisterna em função da área de captação de água pluvial.

Observou-se que a área de cobertura para a captação de água pluvial é inversamente proporcional ao volume ideal de cisterna, já que quanto maior a área de captação, maior é o volume de água pluvial captado, e consequentemente, menor a necessidade de armazenamento de água pluvial (figura 3). Esta relação, além disso, é logarítmica; em outras palavras, aumentos sucessivos na área de captação, correspondem a reduções no volume da cisterna cada vez menores (figura 4). Porém, a partir de uma área de coleta de 4.000 m², não há possibilidade de reduzir o tamanho da cisterna através da utilização de áreas maiores de coleta devido à demanda de água pluvial. Para tanto, essa área foi considerada para análise custo-benefício de diferentes volumes de cisterna.

Cisterna (m³)	Economias (m³/ano)	Benefícios (R\$/ano)	Investimento (R\$)	Payback (Ano)
10	120	1.358,40	34.815,93	26
20	240	2.716,80	42.315,93	16
30	347	3.927,09	49.815,93	13
40	370	4.193,02	57.315,93	14
50	370	4.193,02	64.815,93	15
60	370	4.193,02	72.315,93	17
70	370	4.193,02	79.815,93	19
80	370	4.193,02	87.315,93	21

Tabela 4 - Análise custo-benefício para cisternas de volumes variados.

A Tabela 4 demonstra que houve um aumento gradativo na redução do consumo de água e na economia anual para cisternas de até 40 m³, porém, o volume de água economizado permaneceu estável com cisternas de volume superior a 40 m³ e, conseqüentemente, não houve um aumento nas economias geradas. Por outro lado, os custos das cisternas aumentaram em proporção ao volume da cisterna, tornando-se, inviável a implementação de cisternas de volume superior a 40 m³. No entanto, se observarmos o período de retorno financeiro gerado pelas diferentes cisternas, em um primeiro momento, houve uma diminuição no *payback* de cisternas de até 30 m³ e, após esse ponto, houve um aumento gradativo no *payback* das cisternas com volume superior a 30m³.

Reúso interno e externo

O sistema AAP proposto para reúso interno e externo, adaptando às instalações hidráulicas existentes da rede hidráulica das torneiras de jardim e de torneiras de limpeza dos banheiros, utilizou como base a demanda mensal de 94 m³/mês para a lavagem de pisos e limpeza, e 6 m³/mês para irrigação durante a época de estiagem (abril – setembro). Para suprir essa demanda anual uma área mínima de coleta de água pluvial equivalente a 924,50 m² torna-se necessário. Simulações de diferentes áreas de cobertura demonstram um aumento abrupto de economia nos primeiros 100m³ de volume de cisterna, seguidos de um constante aumento até atingir um limite de economias

geradas, ou seja, o seu volume ideal de cisterna (figura 5). As simulações novamente indicaram uma relação logarítmica inversamente proporcional ao volume ideal de cisterna (figura 6). Resultados sugerem que essa relação atinge um ponto de inflexão e, áreas de coleta acima de 9.000m² não geram volumes de cisterna menores que 147m³. Porém, a análise limitou-se a área de cobertura disponível na edificação (6.000m²), e com isso, economias de água puderam ser obtidas com cisternas de até 175m³. Investimentos em cisternas com volume superior demonstraram ser inviáveis. Houve também, diminuições no *payback* de cisternas de até 100 m³ e, após esse ponto, houve um aumento gradativo no *payback* das cisternas com volume superior a 100m³ (tabela 5).

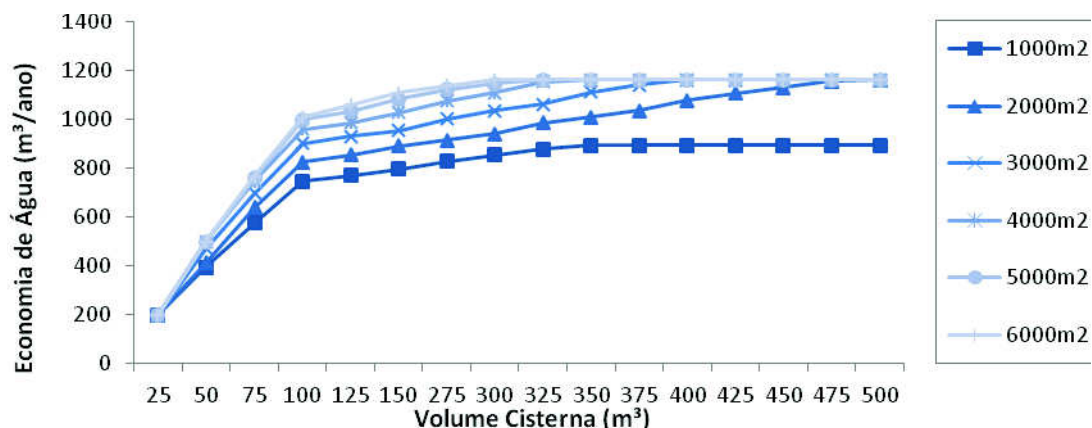


Figura 5 – Economia de água por volume de cisterna e área de captação.

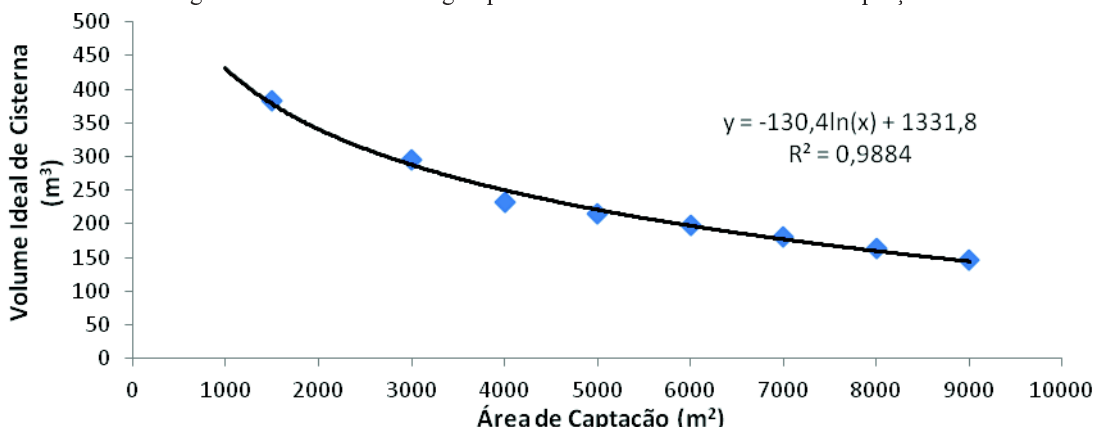


Figura 6 – Volume ideal de cisterna em função da área de captação de água pluvial.

Cisterna (m³)	Economias (m³/ano)	Benefícios (R\$/ano)	Investimento (R\$)	Payback (Ano)
25	200	2.264,00	54.841,04	24
50	505	5.715,68	73.591,04	13
75	783	8.864,12	92.341,04	11
100	1046	11.841,59	111.091,04	10
125	1096	12.407,59	129.841,04	11
150	1162	13.155,18	148.591,04	12
175	1163	13.164,58	167.341,04	13
200	1163	13.164,58	186.091,04	14

Tabela 5 – Análise custo-benefício para cisternas de volumes variados.

Reúso interno

Em geral, a área de cobertura Edifício Sede IV e sua cobertura em marquise são capazes de coletar 9.469,70 m³ de água pluvial ao ano, e são insuficientes para suprir toda a demanda anual de água pluvial para descarga sanitária equivalente a 24.840 m³/ano. Apesar da área disponível para captação de água pluvial ser insuficientes para atender a toda demanda, o sistema AAP proposto é capaz de gerar economias com diferentes volumes de cisterna utilizando toda a sua área de captação equivalente a 7.528 m² (figura 7). Observou-se que, em um primeiro momento, a economia de água é diretamente proporcional ao volume da cisterna, porém, ele se mantém constante a 9.469 m³/ano na medida em que atinge um volume de cisterna equivalente a 1.600 m³.

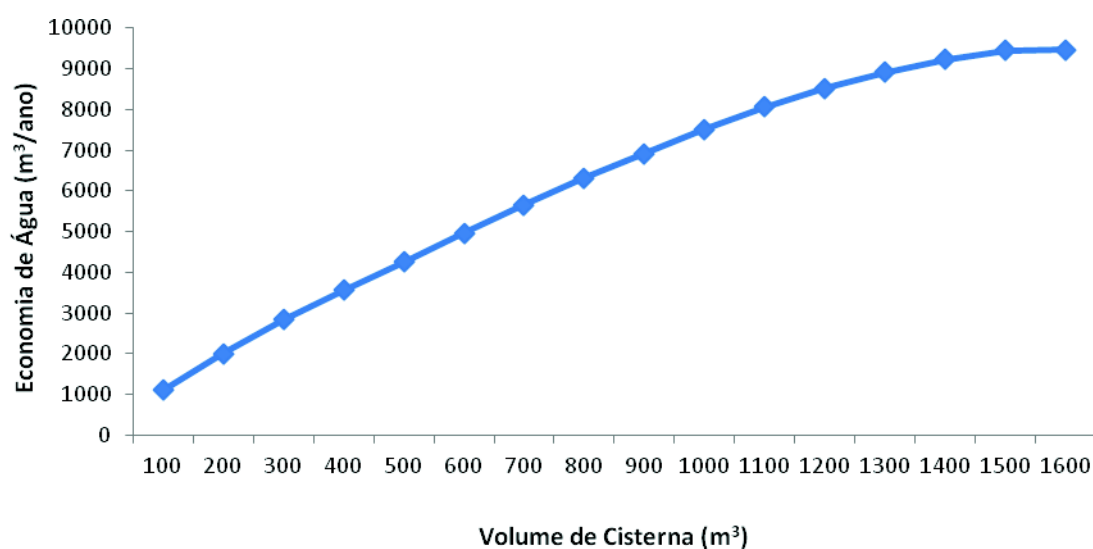


Figura 7 – Economia de água por volume de cisterna.

Cisterna (m³)	Economias (m³/ano)	Benefícios (R\$/ano)	Investimento (R\$)	Payback (Ano)
100	1.107	12.531,24	127.681,73	10
200	2.007	22.719,24	202.681,73	9
300	2.845	32.205,40	277.681,73	9
400	3.562	40.321,84	352.681,73	9
500	4.262	48.245,84	427.681,73	9
600	4.962	56.169,84	502.681,73	9
700	5.662	64.093,84	577.681,73	9
800	6.318	71.519,76	652.681,73	9
900	6.918	78.311,76	727.681,73	9
1.000	7.518	85.103,76	802.681,73	9
1.100	8.067	91.318,44	877.681,73	10

Tabela 6 – Análise custo-benefício para cisternas de volumes variados.

Podemos observar na Tabela 6 que houve um aumento na redução do consumo de água na medida em que aumenta o volume da cisterna, assim como o seu valor global, afetando o retorno financeiro de cada cisterna apresentada. O período de retorno financeiro (*payback*) entre as cisternas de 200 m³ a 1.000 m³, equivalem a 9 anos, porém, vale ressaltar o fato de que quanto maior for o investimento inicial na cisterna, maior será as economias geradas por ele.

Conclusão

O presente estudo teve como objetivo estimar os usos-finais não-potáveis e avaliar a viabilidade do aproveitamento de águas pluviais no Edifício Sede IV do Complexo Central de Tecnologia do Banco do Brasil. Através de medições *in-loco* da vazão de equipamentos consumidores de água e entrevistas de usuários-chave, foi possível estimar a demanda anual de água em lavagens de pisos (334 m³/ano), limpeza (793 m³/ano), irrigação (52 m³/ano) e descargas sanitárias (24.840 m³/ano).

Sendo um sistema simples, de fácil adaptação e manutenção, o sistema AAP de reuso externo em irrigação e lavagem de piso, demonstrou ter o menor índice de economia de água em relação ao valor de investimento. Com um valor global estimado de R\$49.816, o sistema de aproveitamento de água pluvial para reuso externo em irrigação e lavagem de pisos com uma cisterna de 30m³, demonstrou ter um retorno financeiro de aproximadamente 13 anos, com uma economia anual de R\$3.927 gerado pelo seu potencial de redução no consumo de água equivalente a 1.162m³/ano.

Já o sistema AAP de reuso externo e interno em irrigação, lavagem de piso, e limpeza, exige uma pequena reforma para um *retrofit* hidráulico, incluindo rede de distribuição de água de reuso não-potável separada da rede de distribuição de água potável existente no prédio. Com um valor global estimado de R\$ 111.091, o sistema de aproveitamento de água pluvial para reuso externo em irrigação, lavagem de pisos e limpeza com uma cisterna de 100m³, provou ser o melhor investimento visando um retorno financeiro de aproximadamente 10 anos, com uma economia anual de R\$11.842 gerado pelo seu potencial de redução no consumo de água equivalente a 1.162m³/ano.

O sistema AAP de reuso interno em descarga sanitária demonstrou que a oferta anual de água pluvial não é capaz de suprir a alta demanda por água em descarga sanitária, sendo necessário abastecer o equivalente a 15.370 m³ de água potável ao ano para completar o volume de água necessário para suprir toda a sua demanda. Apesar das áreas disponíveis para captação de água pluvial serem insuficientes para atender a toda demanda e do volume ideal de cisterna ser inviável devido a sua grandeza, os resultados das simulações indicaram que, mesmo assim, há reduções no

consumo de água. O período de retorno financeiro (*payback*) entre as cisternas de 200 m³ a 1.000 m³, equivalem a 9 anos, porém, vale ressaltar o fato de que quanto maior for o investimento inicial na cisterna, maior será as economias geradas por ele. Apesar do sistema AAP destinado a descarga sanitária exigir custos de investimentos muito elevados, podemos concluir que em geral, ele proporciona valores altos de economia anual, variando de R\$12.531 a R\$91.318 ao ano, dependendo do valor investido, variando de R\$127.682 a R\$877.682 respectivamente.

Referências

- ABNT. Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não-potáveis. *NBR 15527*. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2007.
- DIXON, A.; BUTLER, D.; FEWKES, A. Water saving potential of domestic water reuse systems using greywater and rainwater in combination. *Water Science and Technology*, v.39, n.5, p.25-32. 1999.
- FASOLA, G. B.; GHISI, E. MARINOSKI, A. K.; BORINELLI, J. B. Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC. *Ambiente Construído*, v.11, n.4, p.65-78. 2011.
- GHISI, E. Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil. *Building and Environment*, v.41, n.11, p.1544-1550. 2006.
- GHISI, E., TAVARES, D. F., ROCHA, V. L. Rainwater harvesting in petrol stations in Brasília: Potential for potable water savings and investment feasibility analysis. *Resources, Conservation and Recycling*, v.54, n.2, p.79-85, 2009.
- GOMEZ, J.; ALVES, W. Final water consumption in building installations using the flow-rate trace. *Proceedings 26th International Symposium on Water Supply and Drainage for Buildings*. Rio de Janeiro: USP, 2000.
- ILHA, M. S. O.; NUNES, S. S.; SALERMO, L. S. Programa de conservação de água em hospitais: Estudo de caso do Hospital das Clínicas da Universidade Estadual de Campinas. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v.6, n.1, p. 91-97, 2006.
- KAMMERS, P. C.; GHISI, E. Usos finais de água em edifícios públicos localizados em Florianópolis, SC. *Ambiente Construído*, v.6, n.1, p.75-90, 2006.
- LEGGETT, D.; BROWN, R.; BREWER, D. HOLLIDAY, E. *Rainwater and greywater use in buildings: best practice guidance*. London: CIRIA, 2001.
- PROENÇA, L. C.; GHISI, E. Water end-uses in Brazilian Office buildings. *Resources, Conservation and Recycling*, v.54, n.8, p.489-500, 2010.
- MARINOSKI, A. K.; GHISI, E. Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v.8, n.2, p.67-84, 2008.
- SILVA, G. S.; TAMAKI, H. O.; GONÇALVES, O. M. Implementação de programas de uso racional da água em campi universitários. *Ambiente Construído*, v.6. n.1, p.49-61, 2006.
- YANG, H; ABBASPOUR, K. C. Analysis of wastewater reuse potential in Beijing. *Desalination*. v.212, n. 1-3, p.238-250. 2007.